

**Sylwia Bakuła, Renata Pietrzak-Fiecko, Elżbieta Tońska,
Michalina Gałgowska, Jan Miciński**

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

e-mail: renata.pietrzak-fiecko@uwm.edu.pl

PORÓWNANIE ZAWARTOŚCI KADMU I OŁOWIU W MLEKU RÓŻNYCH GATUNKÓW ZWIERZĄT

Streszczenie: Celem badań było porównanie zawartości kadmu i ołowiu w mleku czterech gatunków zwierząt hodowlanych. Wybrane metale ciężkie oznaczono w 41 próbkach mleka: 14 krowiego, 8 koziego, 5 owczego, 14 klaczy. Analizy wykonano za pomocą spektrometrii absorpcji atomowej. Średnią zawartość kadmu oznaczono na poziomie: w mleku krowim – 0,0079 mg/kg, kozim – 0,0071 mg/kg, klaczy – 0,0066 mg/kg, owczym – 0,0050 mg/kg, natomiast ołowiu odpowiednio w mleku: klaczy – 0,0180 mg/kg, owczym – 0,0147 mg/kg, krowim – 0,0128 mg/kg, kozim – 0,0102 mg/kg. Statystycznie istotne różnice w zawartości Pb wykazano między mlekiem kozim i klaczy. Mleka krowie, kozie i owcze nie różniły się statystycznie istotnie między sobą pod względem zawartości ołowiu. Spośród przebadanych próbek mleka klaczy ok. 29% stanowiły próbki, w których poziom Pb był wyższy niż dopuszczalny.

Słowa kluczowe: kadm, ołów, mleko.

1. Wstęp

Wśród metali ciężkich wyróżniamy zarówno pierwiastki niezbędne dla organizmów, do których zaliczamy m.in. Cu, Zn, Ni, Cr, jak i pierwiastki o nieznanym roli fizjologicznej, takie jak: Cd, Hg, Pb, As [Krzywy i in. 2010]. Jednymi z najbardziej rozpoznanych w przyrodzie metali ciężkich są kadm i ołów [Kaczmarek-Wdowiak i in. 2004]. Ich wspólną cechą jest zdolność do kumulacji w organizmie, a poza tym długi czas biologicznego półtrwania, który powoduje chroniczną toksyczność. Dlatego też stwarzają one szczególnie duże niebezpieczeństwo dla zdrowia człowieka [Borowiec i in. 2009]. Głównie stanowią one problem ludzi żyjących w zanieczyszczonych aglomeracjach i prawie zawsze oddziałują równolegle [Kaczmarek-Wdowiak i in. 2004]. Ciągły rozwój przemysłu i komunikacji sprawia, że rośnie ilość tych pierwiastków w środowisku, a występowanie ich w gazach i pyłach ułatwia migrację nawet na duże odległości [Kisku i in. 2000; Kiczorowska 2009]. Obserwuje się, iż kadmem i ołowiem skażone są zarówno powietrze, gleba, jak i woda.

W związku z tym, iż stanowią one powszechne zanieczyszczenia ekosystemu, łatwo przenikają do żywności. Największe ilości metali, bo aż 80%, dostają się do organizmu wraz z pożywieniem przez przewód pokarmowy [Borowiec i in. 2009; Krzywy i in. 2010]. Najważniejsze ogniwo w łańcuchu żywieniowym na drodze przenikania metali ze środowiska (głównie z gleby) do organizmów zwierzęcych i ludzkich stanowią rośliny. Zwiększone zawartości metali ciężkich w glebach stwarzają realne niebezpieczeństwo przedostania się ich do roślin, co w konsekwencji oznacza włączenie metali do łańcucha troficznego ekosystemu.

Szczególnie narażone na odbiór i kumulowanie substancji szkodliwych są owoce i warzywa, które stają się jednocześnie niejako przekąźnikami tych zanieczyszczeń do organizmów ludzi [Sidhu i in. 2003; Kiczorowska 2009]. Wiele badań wskazuje jednak na to, iż produkty pochodzenia zwierzęcego, w tym mleko i produkty mleczarskie, nie są wolne od obecności metali ciężkich [Dobrzański i in. 2005; Dobrzański i in. 2009; Litwińczuk i in. 1999; Górska i in. 2007; Dumna i in. 2012].

Wysoka zawartość metali ciężkich, zwłaszcza kadmu i ołowiu, w diecie człowieka stwarza poważne zagrożenia dla jego zdrowia, a nawet życia. Kadm i ołów, kumulując się w organizmie, mogą powodować poważne konsekwencje dla zdrowia, zwłaszcza dzieci, jak opóźnienie rozwoju umysłowego, uszkodzenia czynności nerek i układu sercowo-naczyniowego [Ataro i in. 2008; Rahimi 2013]. W związku z niekorzystnym oddziaływaniem na zdrowie człowieka bardzo ważne jest monitorowanie zawartości tych pierwiastków w żywności.

Celem badań było porównanie zawartości kadmu i ołowiu w mleku wybranych gatunków zwierząt hodowlanych.

2. Materiał i metody

Materiał badawczy stanowiły próbki mleka krowiego, owczego, koziego i kłaczy pozyskane w okresie czerwiec-lipiec 2012 r. Ogółem przebadano 41 próbek, w tym: krowiego – 14, owczego – 5, koziego – 8 i kłaczy – 14.

Próbki pozyskano od indywidualnych producentów z regionu Warmii i Mazur. Próbki pobierano zgodnie z PN-86/A-86041/Az1:2000 i przetransportowano do laboratorium. Do czasu analiz przechowywano w warunkach chłodniczych w temperaturze 4°C ($\pm 1^\circ\text{C}$), nie dłużej niż 48 godzin.

Próbki mleka mineralizowano „na sucho”. Po umieszczeniu w kwarcowych tyglach suszono w temperaturze 105°C, a później zwęglono. Następnie próbki wstępnie spopieliłono w piecu elektrycznym przez 6 godzin w temperaturze 330°C, po czym temperaturę podwyższono do 450°C i spopieliłono do momentu powstania białoszarego popiołu. Popiół rozpuszczono na ciepło w 1M roztworze kwasu azotowego. Przygotowano również próby odczynnikowe. Wykonano po trzy równoległe powtórzenia.

Kadm i ołów zostały oznaczone (bezpośrednio) metodą płomieniową spektrometrii absorpcji atomowej z wykorzystaniem spektrometru iCE 3000 SERIES –

THERMO (Anglia), wyposażonego w stację danych GLITE, korekcję tła (lampa deuterowa) oraz odpowiednie lampy katodowe.

Spośród parametrów charakteryzujących metodę wyznaczono granicę wykrywalności oraz odzysk metody. Granica wykrywalności dla kadmu wynosiła $0,001 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ mineralizatu, zaś dla ołowiu $0,005 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ mineralizatu. Średni odzysk metody kształtował się następująco: dla ołowiu 95%, a dla kadmu 90%.

Obliczono wartości średnie, wartości maksymalne, minimalne i odchylenie standardowe, wykorzystując program Microsoft Excel, oraz zastosowano test Duncana do określenia różnic statystycznych na poziomie istotności $p \leq 0,05$, używając programu Statistica 10 PL.

3. Wyniki i dyskusja

Wyniki badań przedstawiono w tab. 1 (kadm) i 2 (ołów). Zawartość oznaczonych metali ciężkich wyrażono w mg/kg mleka.

Najwyższą średnią zawartość kadmu oznaczono w mleku krowim – $0,0079 \text{ mg}/\text{kg}$, najniższą zaś w mleku owczym – $0,0050 \text{ mg}/\text{kg}$. W mleku kozim oznaczono $0,0071 \text{ mg}/\text{kg}$ mleka, natomiast w mleku kłaczy $0,0066 \text{ mg}/\text{kg}$ (tab. 1).

Tabela 1. Zawartość kadmu w mleku wybranych zwierząt (mg/kg mleka)

Mleko <i>n</i>	x_{sr}	SD	Min	Max
Krowie 14	$0,0079^b$	0,0020	0,0013	0,0109
Kozie 8	$0,0071^b$	0,0012	0,0057	0,0085
Kłaczy 14	$0,0066^{bc}$	0,0019	0,0024	0,0097
Owczę 5	$0,0050^{ac}$	0,0017	0,0034	0,0078

Objaśnienia: x_{sr} – wartość średnia, SD – odchylenie standardowe, Min – wartość minimalna, Max – wartość maksymalna, ^{a, b, c} – różnice istotne statystycznie na poziomie $p = 0,05$, *n* – liczebność próby.

Źródło: opracowanie własne.

Najczęściej spożywane przez człowieka i jednocześnie najdokładniej przeanalizowane pod względem składu chemicznego jest mleko krowie.

Raport z monitoringu jakości gleb, roślin, produktów rolniczych i spożywczych z 2000 r. podaje, iż skażenie mleka krowiego kadmem w Polsce oscyluje wokół poziomu $0,001 \text{ mg}/\text{kg}$ [Mnicha, Szteke (red.) 2001]. Taki stan rzeczy potwierdzają inne badania mleka krowiego, pobieranego z terenu całego kraju [Szkoła i in. 2011] oraz z województwa podkarpackiego [Dumna i in. 2012]. W mleku z Bieszczad kadm znajdował się w ilości $0,002 \text{ mg}/\text{l}$ [Król i in. 2007]. Wyższą zawartość kadmu – $0,003 \text{ mg}/\text{kg}$ – oznaczyli Żmudzi i in. [2001]. Również $0,003 \text{ mg}/\text{kg}$ kadmu oznaczono w mleku krowim, pozyskiwanym na terenie województwa warmińsko-mazurskiego, oraz w mleku z obszaru Beskidu Średniego [Pietrzak-Fiećko, Smoczyński 2006; Król i in. 2007]. W mleku z Lubelszczyzny oznaczono kadmem, średnio

0,006 mg/kg [Król i in. 2007]. W mleku krowim z powiatu siedleckiego (województwo mazowieckie) kadm występował na znacznie niższym poziomie – 0,00039 mg/kg [Górska i in. 2007].

Wielokrotnie udowodniono, iż zanieczyszczenie metalami ciężkimi surowców żywnościowych, w tym też mleka, jest ściśle powiązane ze stopniem zanieczyszczenia środowiska, w jakim są one pozyskiwane [Dobrzański i in. 2009; Boltea i in. 2008; Vidovic i in. 2005; Kołacz i in. 2004]. Dobrzański i in. [2009] wykazali, że średnia zawartość Cd była wyższa w mleku pochodzącym od zwierząt z terenu przemysłowego. Mleko krowie zawierało: 0,003 mg/kg kadmu w mleku – teren uznany za czysty (Dolny Śląsk), i 0,007 mg/kg – teren przemysłowy (Górny Śląsk). Identyczne poziomy kadmu odnotowano dla mleka koziego zarówno z terenu zanieczyszczonego, jak i terenu uznawanego za wolny od zanieczyszczeń [Dobrzański i in. 2009].

Znacznie niższą zawartość kadmu niż w prezentowanych badaniach oznaczono w mleku z innych wysoko rozwiniętych państw europejskich: Austrii [2002] – 0,0007 mg/kg, Hiszpanii [2001] – 0,00047 mg/kg i Włoch [2004] – 0,00002 mg/kg [Pilsbacher, Grubhofer 2002; Martino i in. 2001; Licata i in. 2004]. Także w mleku krowim z północno-wschodniego Iranu średnia zawartość kadmu była znacznie niższa ($0,0003 \pm 0,0003$ mg/kg). Podobne spostrzeżenia dotyczą porównania stężenia Cd w próbkach mleka owczego, gdzie w przytoczonych badaniach średnia jego zawartość kształtowała się na poziomie znacznie niższym – $0,0016 \pm 0,0012$ mg/kg [Najarnezhad, Akbarabadi 2013]. Według Rahimi [2013], średnia zawartość kadmu w mleku pozyskiwanym również na terenie Iranu kształtowała się na wyższym poziomie (ok. 0,002 mg/l) niż wartości wskazane przez Najarnezhad i Akbarabadi [2013]. Najniższą zawartość Cd odnotowano w mleku krowim – 0,00092 mg/l. W kozim mleku oznaczono ponaddwukrotnie więcej Cd w stosunku do mleka krowiego – 0,00233 mg/l, w owczym zaś ponadtrzykrotnie więcej – 0,00331 mg/l w stosunku do mleka krowiego [Rahimi 2013]. W badaniach zawartości kadmu w mleku krowim pozyskiwanym na terenie kontynentu afrykańskiego (Arabia Saudyjska) stwierdzono 0,0047 mg/kg [Farid i in. 2004]. Stężenie kadmu w mleku krowim z zanieczyszczonego obszaru w Rumunii wynosiło średnio $0,022 \pm 0,008$ mg/kg i znacznie przekraczało dopuszczalną wartość, ustaloną tam na poziomie 0,01 mg/kg. Przekroczenie dopuszczalnego poziomu stanowiło odpowiednio od 1,2- do 4,2-krotne przekroczenie obowiązującej w tym kraju normy. Próbkę mleka z obszaru czystego zawierały $0,002 \pm 0,002$ mg/kg (w zakresie 0-0,0069 mg/kg). Próbkę mleka z obszaru zanieczyszczonego i nieskażonego różniły się istotnie pod względem zawartości kadmu [Boltea i in. 2008]. Podobne wnioski sformułowali inni badacze [Vidovic i in. 2005; Kołacz i in. 2004].

Mimo iż Warmia i Mazury uznawane są za tzw. zielone płuca Polski, to próbki mleka pozyskane na tym terenie, zawierały ilość Cd zbliżoną do tej, jaką Dobrzański i in. [2009] oznaczyli dla mleka pochodzącego z obszaru typowo przemysłowego.

Zwiększenie akumulacji kadmu w glebie, a przez to w żywności, oprócz zanieczyszczeń przemysłowych, komunalnych czy motoryzacyjnych, może być spowodowane powszechnym stosowaniem nawozów, czego nie obserwuje się w przypadku ołowiu [Sady, Smoleń 2004]. Jednak Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach podaje, że gleby w Polsce jedynie w niewielkim stopniu zanieczyszczone są metalami ciężkimi, co pozwala je zakwalifikować do gleb o dużej wartości rolniczej. Obszary zdegradowane przemysłowo występują głównie na południu Polski [Mocek, Mocek-Płóćiniak 2010]. Wyniki przeprowadzonych badań skłaniają do poszukania głównego źródła zanieczyszczenia kadmem mleka pozyskanego w regionie o dobrym stanie czystości środowiska.

Średnia zawartość ołowiu w mleku badanych gatunków zwierząt kształtowała się następująco: kłacz – 0,0180 mg/kg, owca – 0,0147 mg/kg, krowa – 0,0128 mg/kg, koza – 0,0102 mg/kg (tab. 2).

Tabela 2. Zawartość ołowiu w mleku wybranych zwierząt (mg/kg mleka)

Mleko n	x_{sr}	SD	Min	Max
Krowie 14	0,0128 ^{ac}	0,0036	0,0055	0,0174
Kozie 8	0,0102 ^a	0,0030	0,0053	0,0139
Kłaczy 14	0,0180 ^{bc}	0,0075	0,0059	0,0340
Owce 5	0,0147 ^{ab}	0,0014	0,0125	0,0168

Objaśnienia: x_{sr} – wartość średnia, SD – odchylenie standardowe, Min – wartość minimalna, Max – wartość maksymalna, ^{a, b, c} – różnice istotne statystycznie na poziomie $p = 0,05$, n – liczebność próby.

Źródło: opracowanie własne.

Raport dotyczący m.in. monitoringu zanieczyszczenia mleka krowiego ołowiem w Polsce wskazuje, iż pierwiastek ten w latach 1998-1999 występował w mleku krowim na poziomie 0,005 mg/kg, a w roku 2000 jego zawartość obniżyła się do 0,004 mg/kg [Mnicha, Szteke (red.) 2001]. Źmudzki i in. [2001] w opublikowanych nieco później badaniach podali, iż oznaczyli ołów na poziomie 0,021 mg/kg mleka krowiego [Źmudzki i in. 2001]. W stosunkowo niedawno przeprowadzonych badaniach autorzy oznaczyli stężenie ołowiu 0,003 mg/kg mleka krowiego [Szkoda i in. 2011; Górska i in. 2007].

W mleku pozyskiwanym od krów na terenie Bieszczad stwierdzono zawartość ołowiu na poziomie 0,005 mg/l [Król i in. 2007]. W województwie podkarpackim od 2002 do 2010 r. średnia zawartość ołowiu kształtowała się na poziomie 0,006 mg/kg mleka krowiego [Dumna i in. 2012]. Mleko krowie pozyskiwane w Beskidzie Środnim charakteryzowało się zawartością tego pierwiastka w ilości 0,007 mg/l [Król i in. 2007]. Średnia zawartość ołowiu w mleku krów utrzymywanych na Lubelszczyźnie wynosiła 0,010 mg/l [Król i in. 2007]. Niespełna dziewięć razy więcej Pb

(0,089 mg/l) oznaczono w mleku krowim z województwa warmińsko-mazurskiego [Pietrzak-Fiećko, Smoczyński 2006]. To również znacznie więcej niż w obecnie prezentowanych badaniach dla mleka pozyskiwanego z tego samego regionu.

Dobrzański i in. [2009] wykazali statystycznie istotnie wyższą zawartość ołowiu w mleku z terenu przemysłowego niż z terenu uznawanego za wolny od zanieczyszczeń przemysłowych. Zawartość Pb w mleku krowim z terenu przemysłowego (Górny Śląsk) wynosiła 0,042 mg/kg, w mleku zaś z terenu uznawanego za czysty (Dolny Śląsk) – 0,019 mg/kg. W mleku kozim zawartość Pb kształtowała się na zbliżonym poziomie i wynosiła odpowiednio: 0,043 mg/kg i 0,021 mg/kg [Dobrzański 2009].

Prezentowane zawartości ołowiu, oznaczone w badaniach własnych, są jeszcze niższe niż prezentowane przez Dobrzańskiego i in. [2009] dla mleka z terenu wolnego od zanieczyszczeń.

W mleku krowim z innych krajów europejskich wysoko rozwiniętych oznaczono następujące zawartości ołowiu w mg/kg mleka: Austria – 0,0065 [2002], Litwa – 0,08 [2001], Hiszpania – 0,0018 [2000], Włochy – 0,0013 [2004], Słowenia – 0,05 [2000] [Pilsbacher, Grubhofer 2002; Ramonaityte 2001; Martino i in. 2001; Licata i in. 2004; Cerkenik i in. 2000]. W państwie afrykańskim (Arabia Saudyjska) oznaczono 0,0035 mg/kg ołowiu w mleku krowim [Farid i in. 2004]. W mleku pozyskiwanym w Turcji, a więc w kraju geograficznie częściowo położonym w Europie, a częściowo na kontynencie azjatyckim, oznaczono 0,0335 mg ołowiu w kg mleka [Simsek i in. 2000]. W mleku pozyskanym w państwie azjatyckim, a mianowicie na terenie Iranu, oznaczono bardzo zbliżone zawartości ołowiu do wartości uzyskanych w badaniach własnych. Średnie stężenie Pb wynosiło odpowiednio dla mleka krowiego i owczego $0,0129 \pm 0,006$ mg/kg; $0,0149 \pm 0,0078$ mg/kg [Najarnezhad, Akbarabadi 2013]. Średnia zawartość ołowiu w mleku, według innego autora z tego samego kraju, kształtowała się na poziomie 0,00951 mg na litr mleka, przy czym odpowiednio w mleku krowim, kozim i owczym: 0,00988 mg/l, 0,00737 mg/l, 0,0121 mg/l [Rahimi 2013]. Stężenie ołowiu w próbkach mleka z Rumunii z zanieczyszczonego obszaru wynosiło średnio od $0,242 \pm 0,144$ mg/kg (w zakresie 0,097 – 0,617 mg/kg), natomiast próbki mleka z nieskażonego obszaru zawierały $0,052 \pm 0,014$ mg/kg [Boltea i in. 2008]. Vidovic i in. [2005] oraz Kołacz i in. [2004], oznaczając zawartość ołowiu w mleku krów utrzymywanych w regionach przemysłowych i typowo rolniczych, również wykazali statystycznie istotnie wyższe poziomy ołowiu w mleku krów utrzymywanych w rejonach przemysłowych [Vidovic i in. 2005; Kołacz i in. 2004].

Statystyczna analiza wyników pozwoliła na porównanie mleka różnych gatunków zwierząt pod względem zawartości omawianych pierwiastków oraz na wskazanie ewentualnych istotnych statystycznie różnic między nimi. Mleko owcze charakteryzowało się statystycznie zbliżoną zawartością Cd do mleka krowiego oraz istotnie mniejszą zawartością tego pierwiastka niż mleko krowie czy kozie. Statystycznie istotne różnice w zawartości Pb wykazano między mlekiem kozim i krowim. Mleka: krowie, kozie i owcze nie różniły się między sobą pod względem zawartości ołowiu.

Brak wyraźnych różnic pomiędzy zawartościami badanych metali w mleku kóz i krów wykazali Dobrzański i in. [2009]. Według autorów wskazuje to na podobieństwo działania mechanizmu przechodzenia tych pierwiastków do mleka przeżuwaczy [Dobrzański i in. 2009]. Irańscy naukowcy wykazali natomiast, że stężenie zarówno ołowiu, jak i kadmu w mleku owczym było istotnie statystycznie wyższe niż w mleku krowim [Najarnezhad, Akbarabadi 2013]. Również badania Rahimi [2013] z Iranu wykazały wyższy poziom stężenia kadmu w mleku owczym niż krowim [Rahimi 2013].

Należy podkreślić, że w próbkach mleka w obrębie jednego gatunku występowały znaczne rozbieżności w zawartości zarówno Cd, jak i Pb. Można to stwierdzić na podstawie różnic między zawartością maksymalną a minimalną danego pierwiastka w próbkach mleka konkretnego zwierzęcia. Wpływ na to może mieć wiele czynników zarówno osobniczych, żywieniowych, jak i środowiskowych.

4. Podsumowanie

Zgodnie z Rozporządzeniem Komisji (WE) NR 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. (z późniejszymi zmianami) ustalającym najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych maksymalny dopuszczalny poziom ołowiu w mleku wynosi 0,02 mg/kg [DzU UE, L 364/5 z 20.12.2006]. Średnia zawartość ołowiu w mleku krowim, kozim, owczym i kłaczy kształtowała się poniżej 0,02 mg/kg. Dopuszczalny poziom ołowiu przekroczony został w pojedynczych próbkach mleka kłaczy, które stanowiły ok. 29% wszystkich próbek. Obowiązujące rozporządzenie nie wyznacza maksymalnego dopuszczalnego poziomu kadmu w mleku. Według uchylonego rozporządzenia z 2003 r. maksymalny poziom kadmu w mleku to 0,01 mg/kg [DzU nr 37, poz. 325 i 326 z 13.01.2003]. Jedynie w jednej próbce mleka krowiego zanotowano stężenie kadmu zbliżone do 0,01 mg/kg.

Oznaczone w badaniach średnie stężenie metali ciężkich w mleku powszechnie spożywanym w Polsce nie stanowi zagrożenia dla zdrowia człowieka. Występowanie w próbkach mleka kłaczy ołowiu o wartości zbliżonej do dopuszczalnego poziomu lub go przekraczającej jest sygnałem, iż należałoby monitorować zawartość tego pierwiastka w przypadku wzrostu zainteresowania spożyciem tego mleka przez polskich konsumentów.

Literatura

- Ataro A., McCrindle R.I., Botha B.M., McCrindle C.M.E., Ndibewu P.P., *Quantification of trace elements in raw cow's milk by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)*, „Food Chemistry” 2008, 111, s. 243-248.
- Boltea F., Bretan L., Ketney O., Moldovan C., *Heavy metals concentration in milk from the Baia Mare depression*, „Journal of Agroalimentary Processes and Technologies” 2008, 14(2), s. 485-491.

- Borowiec M., Huculak M., Hoffman K., Hoffman J., *Ocena zawartości wybranych metali ciężkich w produktach spożywczych zgodnie z obowiązującym w Polsce prawodawstwem*, „Proceedings of ECOpole” 2009, 3, 2, s. 433-438.
- Cerkvenik V., Doganoc D.Z., Jan J., *Evidence of some trace elements, organochlorine pesticides and PCB in Slovenian cow's milk*, “Food Technol. Biotechnol.” 2000, 38(2), s. 155-160.
- Dobrzański Z., Górecka H., Opaliński S., Chojnacka K., Kołacz R., *Zawartość pierwiastków śladowych i ultraśladowych w mleku i krwi krów*, „Medycyna Weterynaryjna” 2005, 61(3), s. 301-304.
- Dobrzański Z., Skiba M., Brożyńska A., Kowalska-Górska M., *Zawartość wybranych metali ciężkich w mleku przeżuwaczy (krów i kóz) z regionów przemysłowych i czystych ekologicznie*, „Acta Scientiarum Polonorum Medicina Veterinaria” 2009, 8(1), s. 3-14.
- Dumna P., Pawlos M., Rudy M., *Zawartość metali ciężkich w wybranych produktach spożywczych województwa podkarpackiego*, „Bromatologia i Chemia Toksykologiczna” 2012, XLV (1), s. 94-100.
- Farid S.M., Enani M.A., Wajdi S.A., *Determination of trace elements in cow's milk in Saudi Arabia*, „Journal of King Abdulaziz University Engineering Sciences” 2004, 15(2), s. 131-140.
- Górska A., Oprządek K., Mróz B., *Poziom mikroelementów w mleku krów z gospodarstw powiatu siedleckiego*, LXXII Zjazd Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego im. Michała Oczapowskiego – Sekcja Chowy i Hodowli Bydła, Warszawa 2007.
- Kaczmarek-Wdowiak B., Andrzejak R., Skoczyńska A., Mlynek W., *Wpływ przewlekłego zatrucia ołowiem i kadmem na peroksydację lipidów w mózgach szczurów*, „Medycyna Pracy” 2004, 55(5), s. 403-410.
- Kiczowska B., *Kumulacja ołowiu i kadmu w skórze i mięszu wybranych odmian jabłek*, „Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych” 2009, 40, s. 365-371.
- Kisku G.C., Barman S.C., Bhargava S.K., *Contamination of soil and plants with potentially toxic elements irrigated with mixed industrial effluent and its impact on the environment*, “Water, Air and Soil Pollution” 2000, 129 (1-2), s. 121-137.
- Kołacz R., Dobrzański Z., Górecka H., Chojnacka K., Rudnicka A., *The content of lead and cadmium in milk and blood of cows kept in industrial and typically agricultural region*, “Chem. Agric.” 2004, 5, s. 312-316.
- Król J., Litwińczuk A., Brodziak A., Kędzierska-Matysek M., *Poziom ołowiu i kadmu w mleku krów utrzymywanych w różnych regionach Polski*, „Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych” 2007, 31, s. 451-454.
- Krzywy I., Krzywy E., Pastuszek-Gabinowska M., Brodkiewicz A., *Ołów-czy jest się czego obawiać?*, „Roczniki Pomorskiej Akademii Medycznej w Szczecinie” 2010, 56, 2, s. 118-128.
- Licata P., Trombetta D., Cristina M., Giofre F., Martino D., Calo M., Naccari F., *Levels of „toxic” and „essential” metals in samples of bovine milk from various dairy farms in Calabria, Italy*, “Environment International” 2004, 30, s. 1-6.
- Litwińczuk A., Drozd-Janczak A., Pieróg M., Dorosz D., *Zawartość ołowiu i kadmu w mleku produkowanym w rejonie Kopalni Węgla Kamiennego w Bogdance*, „Medycyna Weterynaryjna” 1999, 55 (11), s. 757-759.
- Martino F.A.R., Sanchez M.L.F., Sanz-Medel A., *The potential of double focusing-ICP-MS for studying elemental distribution patterns in whole milk, skimmed milk and milk whey of different milks*, “Analytica Chimica Acta” 2001, 442, s. 191-200.
- Mnicha W., Szteke B. (red.), *Raport z monitoringu jakości gleb, roślin, produktów rolniczych i spożywczych z 2000 roku*, Dom Wydawniczy Elipsa, Warszawa 2001.
- Mocek A., Mocek-Płóciński A., *Ksenobiotyki w środowisku glebowym Polski*, „Nauka Przyroda Technologia” 2010, 4(6), s. 1-12.
- Najarnezhad V., Akbarabadi M., *Heavy metals in cow and ewe's raw milk of north-east Iran*, Food Additives and Contaminants, 2013, DOI 10.1080/19393210.2013.777799.
- Pietrzak-Fiećko R., Smoczyński S., *Cadmium and lead contents in human milk, cow's milk and infant formulas*, “Polish Journal of Natural Sciences” 2006, 21(2), s. 1105-1112.

- Pilsbacher L., Grubhofer F., *Merkury, lead and cadmium in Austrian raw milk – a comparison to earlier analyses from foreign countries*, "Wiener Tierärztliche Monatsschrift" 2002, 89 (9), s. 249-253.
- PN-86/A-86041/Az1:2000 Mleko i przetwory mleczarskie. Pobieranie próbek (Zm. Az1).
- Rahimi E., *Lead and cadmium concentrations in goat, cow, sheep, and buffalo milks from different regions of Iran*, „Food Chemistry” 2013, 136, s. 389-391.
- Ramonaityte D.T., *Copper, zinc, tin and lead in canned evaporated milk, produce in Lithuania: the initial content and its change at storage*, "Food Additives and Contaminants" 2001, 18 (1), s. 31-37.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 13 stycznia 2003 r. w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, składnikach żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu albo na powierzchni żywności: (DzU nr 37, poz. 325 i 326 z 13.01.2003).
- Rozporządzenie Komisji (WE) NR 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. (z późniejszymi zmianami) ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych: (DzU UE, L 364/5 z 20.12.2006).
- Sady W., Smoleń S., *Wpływ czynników glebowo-nawozowych na akumulację metali ciężkich w roślinach*. X Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe: Efektywność stosowania nawozów w uprawach ogrodniczych, Kraków 2004, s. 269-277.
- Sidhu P.K., Dhand N.K., Bal M.S., *Impact of metallic environmental pollution on human and livestock health*, "Livestock-International" 2003, 7(8), s. 8-10.
- Simsek O., Simsek R., Gultekin O., Oksuz and Kurultay S. *The effect of environmental pollution on the heavy metal content of raw milk*, "Nahrung-Food" 2000, 44, s. 360-371.
- Szkoda J., Nawrocka A., Kmiecik M., Żmudzki J., *Badania kontrolne pierwiastków toksycznych w żywności pochodzenia zwierzęcego*, „Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych” 2011, 48, s. 475-484.
- Vidovic M., Sadibasic A., Cupic S., Lausevic S., *Cd and Zn in atmospheric deposit, soil, wheat, and milk*, "Environmental Research" 2005, 97, s. 26-31.
- Żmudzki J., Niewiadowska A., Szkoda J., Semeniuk S., *Toksyczne zanieczyszczenia żywności pochodzenia zwierzęcego w Polsce*, „Medycyna Pracy” 2001, 52(5), Suplement 12, s. 35-40.

COMPARISON OF CADMIUM AND LEAD CONTENT IN MILK OF DIFFERENT ANIMALS SPECIES

Summary: The aim of the study is to compare the content of cadmium and lead in the milk of four species of farm animals. Selected heavy metals were determined in total of 41 milk samples including: 14 – of cow's, 8 – of goat's, 5 – of 14 sheep's and 14 of mare's. The analyses were performed using atomic absorption spectrometry. The average cadmium content was determined at the level: in cow's milk – 0.0079 mg/kg, goat's – 0.0071 mg/kg, mare's – 0.0066 mg/kg, sheep's – 0.0050 mg/kg, while the lead in the milk: mare's – 0.0180 mg/kg, sheep's – 0.0147 mg/kg, cow's – 0.0128 mg/kg, goat's – 0.0102 mg/kg, respectively. Statistically significant differences in the content of Pb were determined between goat's and mare's milk. Cow's, goat's and sheep's milks did not differ statistically from each other in terms of lead content. Amongst the samples of studied mare's milk about 29% were those, in which the level of Pb was higher than acceptable.

Keywords: cadmium, lead, milk.